

# RANCANG BANGUN WHIRLPOOL DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER

Cahya Firman AP<sup>1</sup>, Endro Wahjono<sup>2</sup>, Era Purwanto<sup>3</sup>.

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Industri
2. Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri
3. Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

*Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS*

Kampus ITS Sukolilo Surabaya, 60111

email: c.firman.gunners@gmail.com

---

## Abstrak

Kesehatan merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Berbagai macam cara dapat dilakukan untuk menjaga kesehatan. Salah satunya adalah relaksasi dengan berendam menggunakan air hangat. Namun tidak semua nilai suhu air diperbolehkan untuk digunakan berendam. Terdapat batas suhu air yang diperbolehkan untuk berendam yaitu antara 32,2°C sampai 40,5°C. Whirlpool merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk relaksasi berendam air hangat. Suhu air pada whirlpool dapat ditentukan sendiri oleh penggunanya. Dibutuhkan suatu kontrol untuk menjaga suhu air pada whirlpool agar dapat bernilai konstan sesuai dengan nilai yang telah ditentukan. Salah satu kontrol yang digunakan adalah logika fuzzy. Terdapat dua parameter yang digunakan sebagai masukan logika fuzzy yaitu error dan delta error suhu. Hasil pengolahan logika fuzzy digunakan untuk mengatur lebar PWM yang digunakan sebagai penyulutan pada rangkaian AC to AC converter.

**Kata Kunci : AC to AC converter, PWM, logika fuzzy.**

---

## 1. Pendahuluan

Berendam dengan menggunakan air hangat merupakan salah satu cara bagi manusia untuk menjaga kesehatan. Berendam dengan menggunakan air hangat memiliki beberapa manfaat, seperti: memperbaiki kesehatan jantung, mengeluarkan racun dalam tubuh, menyembuhkan pegal dan dapat menyembuhkan flu dan sakit kepala. Suhu yang baik untuk digunakan berendam adalah sekitar 33°C - 36°C jika digunakan untuk menenangkan saraf dan otot. Sedangkan jika digunakan untuk meningkatkan sirkulasi pada jaringan kulit dan dibawah kulit suhu yang digunakan adalah sekitar 38°C.

Untuk menjaga air yang digunakan sesuai dengan kebutuhan-kebutuhan tersebut maka dibutuhkan sebuah sistem dengan menggunakan mikrokontroller untuk menjaga kestabilan suhu air. Fungsi dari mikrokontroller tersebut adalah untuk mengatur suhu yang dihasilkan heater agar suhu yang dihasilkan sesuai dengan keinginan. Untuk mengatur panas dari heater dilakukan dengan cara mengatur besar tegangan masukan dari heater dengan menggunakan rangkaian AC to AC converter yang disulut dengan menggunakan PWM. Besar penyulutan PWM diatur secara otomatis oleh mikrokontroller dengan cara membaca besar error dan delta error suhu terhadap nilai suhu yang telah ditetapkan. Hasil

pembacaan error dan delta error tersebut kemudian diolah sesuai rule yang telah ditentukan pada logika fuzzy yang telah dibuat.

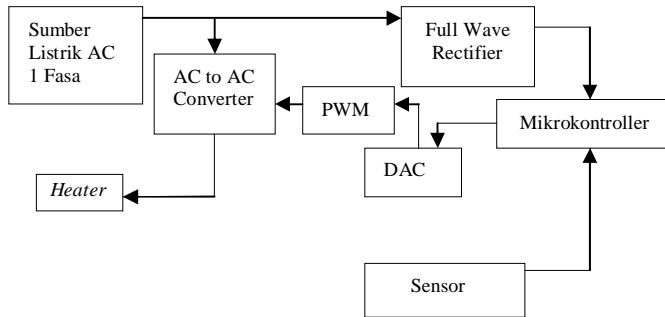
Proyek akhir ini bertujuan untuk merancang suatu whirlpool yang dilengkapi dengan suatu kontrol penstabil suhu. Dengan adanya kontrol penstabil suhu ini diharapkan suhu yang dihasilkan whirlpool sesuai dengan keinginan pengguna dan tidak melebihi batas maksimal suhu air yang diperbolehkan.

## 2. Tinjauan Pustaka

1. Cyril W. Lander, "Power Electronics Third Edition" menjelaskan bahwa beban pemanas dapat dikontrol suhunya dengan menggunakan kontrol fasa. Kontrol fasa dapat memanfaatkan komponen DIAC maupun TRIAC.
2. Denis Fewson, "Introduction To Power Electronics" menjelaskan bahwa tegangan AC variable dapat diperoleh dengan menggunakan TRIAC atau dengan menggunakan dua buah thyristor dengan arah berlawanan yang dirangkai menjadi satu. Salah satu metode yang digunakan adalah kontrol fasa.

## 3. Perancangan Sistem

Pada perancangan whirlpool mengacu pada blok diagram yang ditunjukan pada Gambar 1:



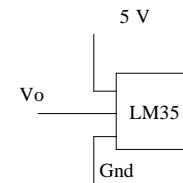
Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Rangkaian AC to AC converter merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengontrol besar tegangan yang digunakan sebagai sumber heater. Pada rangkaian AC to AC converter ini digunakan komponen thyristor jenis TRIAC yang disulut oleh PWM dengan metode kontrol sudut fasa. Maksudnya adalah rangkaian AC to AC converter akan menahan sebagian gelombang sinusoidal setiap setengah periode. Rangkaian kedua yang dibutuhkan adalah rangkaian PWM dengan menggunakan mikrokontroler. Frekuensi PWM ditentukan sebesar 50 Hz, karena frekuensi masukan heater sama dengan frekuensi jala-jala. Lebar duty cycle diatur secara otomatis menggunakan logika fuzzy. Rangkaian terakhir adalah rangkaian sensor suhu. Sensor suhu digunakan untuk membaca besar suhu yang ada di whirlpool. Berdasarkan Gambar 1. perencanaan dan pembuatan perangkat keras meliputi:

1. Perencanaan dan pembuatan sensor suhu.
2. Perencanaan dan pembuatan PWM mikrokontroler.
3. Perencanaan dan pembuatan AC to AC converter.
4. Perencanaan logika fuzzy.

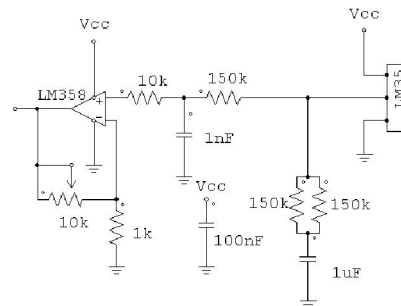
### 3.1. Perencanaan dan Pembuatan Sensor Suhu.

Sensor suhu yang dipakai menggunakan komponen LM 35 tipe DZ. Fungsi dari komponen LM 35 ini adalah mengubah data yang diterima dalam bentuk besaran suhu menjadi besaran elektrik yaitu tegangan. Sensor suhu ini mengeluarkan perubahan tegangan sebesar 10 mV setiap kenaikan suhu 1°C. LM 35 dapat dicatu dengan tegangan DC sebesar 4 Volt sampai 30 Volt. Rangkaian dari sensor suhu dengan menggunakan LM 35 dapat dilihat melalui gambar 2 berikut.



Gambar 2 Sensor suhu dengan menggunakan LM 35

Dengan hanya menggunakan LM 35 saja maka tegangan keluaran dari sensor belum stabil. Oleh karena itu untuk menstabilkan tegangan keluaran dari sensor digunakan rangkaian tambahan dengan menggunakan IC LM 358. Rangkaian tambahan dari sensor suhu dapat dilihat melalui gambar 3 berikut.



Gambar 3 Rangkaian tambahan sensor suhu

Nilai komponen-komponen R-C seri (resistor 150k dihubungkan paralel dan diseri dengan kapasitor 1uF) pada gambar 4.3 merupakan rekomendasi dari produsen LM 35. Sedangkan resistor 150 k Ohm dan kapasitor 1 nF membentuk sebuah rangkaian Low-Pass Filter dengan frekuensi 1 kHz. Keluaran dari Low-Pass Filter kemudian dikuatkan dengan menggunakan rangkaian penguatan tak membalik (non inverting Amplifier). Tegangan hasil penguatan tersebut dijadikan tegangan masukan dari ADC pada mikrokontroler. Perhitungan dari desain penguatan tegangan dengan menggunakan penguatan tak membalik dapat dihitung melalui persamaan 1 berikut.

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_i}\right) V_{in} \dots\dots\dots 1$$

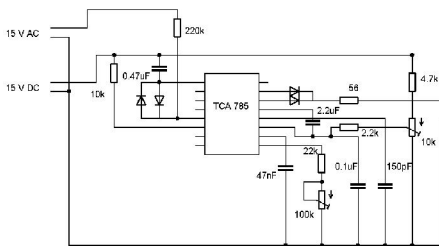
Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1205/MENKES/PER/X/2004 Tentang Pedoman Persyaratan Kesehatan Pelayanan Sehat Pakai Air (SPA), suhu air hangat yang baik untuk digunakan berendam adalah antara 32,2°C sampai kurang dari 40,5 °C. Dari peraturan tersebut maka ditentukan suhu air pada *whirlpool* menggunakan batas suhu antara 32,2°C sampai kurang dari 40,5°C . Beda suhu antara batas maksimal dan minimal adalah sebesar 8,3°C. Karena beda suhu yang kecil, maka penguatan sensor suhu dibuat dengan nilai yang cukup besar yaitu sebesar sebelas kali tegangan keluaran sensor suhu.

Besar tegangan keluaran sensor suhu yang telah dibuat adalah sebagai berikut:

Besar Suhu (°C)	Tegangan Sensor Suhu (V)	Pembacaan ADC 8 bit
29	2.813	61-62
30	2.835	63-64
31	2.86	65-66
32	2.915	67-68
33	2.945	69-70
34	3.009	71-72
35	3.006	73-74
36	3.117	75-76
37	3.156	77-79
38	3.202	80-81
39	3.259	81-83
40	3.316	84-85
41	3.398	86-87
42	3.445	88-90
43	3.5	91-92

### 3.2. Perencanaan dan Pembuatan PWM Dengan Menggunakan TCA 785

Pada sistem ini, IC TCA 785 digunakan sebagai PWM (Pulse Width Modulation) dimana PWM ini selanjutnya digunakan sebagai pengatur sudut penyulutan TRIAC. Pengujian rangkaian PWM dilakukan dengan cara melihat bentuk gelombang atau pulsa pada pin-pin tertentu yang terdapat pada IC TCA 785 melalui oscilloscope. Gambar rangkaian PWM dengan TCA 785 adalah sebagai berikut.

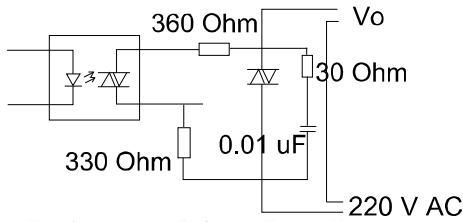


Gambar 4. Rangkaian PWM TCA 785

Untuk menghasilkan sinyal PWM, TCA 785 membutuhkan sinyal tegangan sinkron, sinyal ramp dan tegangan kontrol.

### 3.3. Perencanaan dan Pembuatan AC to AC Converter

Rangkaian AC to AC converter digunakan untuk mengatur besar tegangan dari masukan heater. Rangkaian AC to AC converter digunakan untuk mengatur tegangan AC dengan metode kontrol sudut fasa. Maksud dari metode kontrol sudut fasa adalah menahan sebagian gelombang sinusoidal setiap setengah periode. Rangkaian AC to AC converter dapat dilihat melalui gambar 5 berikut.



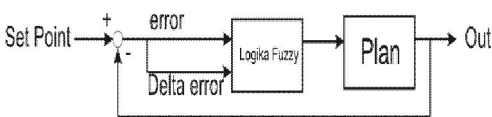
Gambar 5 Rangkaian AC to AC converter

Komponen utama dari rangkaian AC to AC converter adalah thyristor. Jenis thyristor yang digunakan pada rangkaian AC to AC converter pada tugas akhir ini adalah TRIAC. TRIAC adalah jenis thyristor yang dapat disetarakan dengan dua buah SCR yang dipasang paralel dengan arah yang berlawanan. Untuk menghitung besar tegangan hasil penyulutan dapat dihitung melalui persamaan berikut.

$$V_{RMS} = (E_s) \sqrt{\left(1 - \frac{a}{\pi} + \frac{(\sin 2a)}{2\pi}\right)} \dots\dots\dots 3$$

### 3.4. Perencanaan Logika Fuzzy

Data masukan logika fuzzy adalah error dan delta error dari suhu air whirlpool. Yang dimaksud error adalah nilai hasil pengurangan dari set point dengan nilai saat ini. Sedangkan delta error adalah nilai hasil pengurangan dari error saat ini dengan error sebelumnya. Tujuan digunakan dua buah masukan ini adalah untuk menjaga suhu keluaran dari whirlpool sesuai dengan nilai set point suhu yang ditentukan. Hal tersebut dapat dilihat melalui blok diagram berikut.



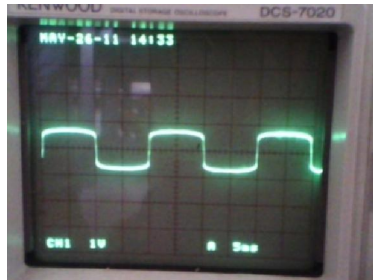
Gambar 6. Blok diagram fuzzy

Error dan delta error akan diproses fuzzy dengan metode sugeno. Keluaran fuzzy berupa lebar duty cycle PWM yang selanjutnya digunakan sebagai penyulutan rangkaian AC to AC converter.

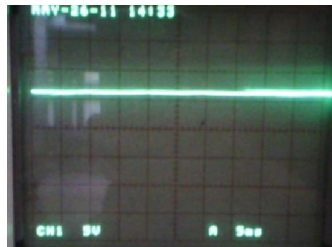
## 4. Hasil Pengujian Sistem

### 4.1. PWM dengan IC TCA 785

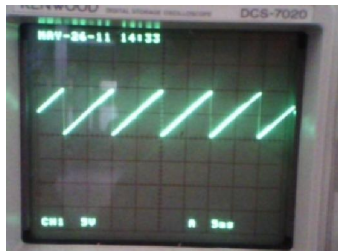
Agar dapat menyulut TRIAC untuk rangkaian AC to AC, dibutuhkan rangkaian PWM dengan frekuensi sama seperti tegangan AC yang akan dikonversi. Berikut merupakan hasil pengujian rangkaian PWM TCA 785.



Gambar 7. Gelombang Tegangan Sinkron

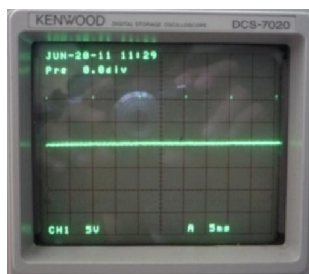


Gambar 8. Tegangan Kontrol



Gambar 9. Sinyal Ramp

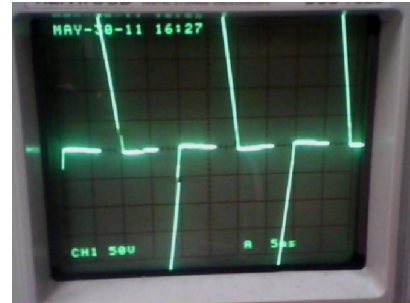
Dengan membandingkan sinyal ramp dengan tegangan kontrol, maka TCA 785 dapat menghasilkan pulsa dengan frekuensi sesuai dengan gelombang sinkronnya.



Gambar 10. PWM keluaran TCA 785

### 4.2. AC to AC Converter

Rangkaian AC to AC converter digunakan untuk mengatur tegangan masukan heater. Dengan diaturnya besar tegangan heater maka panas yang dihasilkan heater juga akan ikut berubah. Gambar 9 berikut merupakan tegangan keluaran rangkaian AC to AC converter.



Gambar 11. Tegangan Keluaran AC to AC Converter

Rangkaian AC to AC akan semakin menghasilkan tegangan yang kecil apabila sudut penyulutan semakin besar. Berikut merupakan hasil pengujian rangkaian AC to AC converter.

tegangan control	sudut penyulutan	data pengujian	
		Vin	Vout
0	11,52	218	217
1,1	21,6	218	216
2,08	30	218	212
3,04	50,4	218	203
3,86	64,8	218	191
4,76	79,2	218	173
5,18	86,4	218	163
5,68	93,6	218	148
6,15	100,8	218	137
6,59	108	218	121
7,4	122,4	218	91
7,81	129,6	218	75
8,31	136,8	218	58
9	151,2	218	37
9,88	165,6	218	12
10	166,5	218	9.5

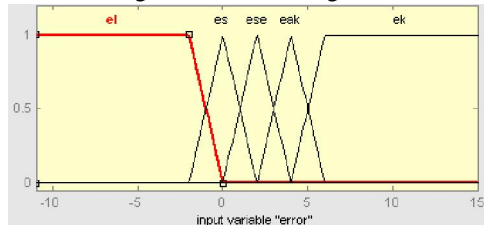
### 4.3. Logika Fuzzy

Data masukan dari logika fuzzy berasal dari error dan delta error suhu air. Batas error pada fuzzy yang digunakan memiliki nilai terendah -11 dalam derajat celcius dan memiliki nilai tertinggi 15 dalam derajat

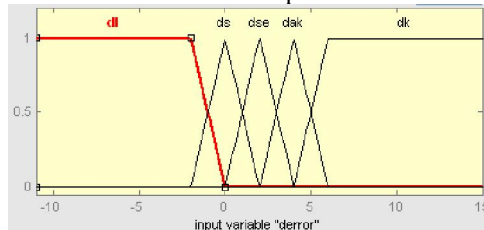
celcius. Demikian juga dengan batas delta error. Penyusunan batas tertinggi dan terendah dari error dan delta error berdasarkan perhitungan berikut:

$\text{Nilai\_min\_error} = \text{suhu\_normal\_air} - \text{set\_suhu\_tertinggi}$   
 $\text{Nilai\_max\_error} = \text{set\_suhu\_tertinggi} - \text{set\_suhu\_terendah}$

Input error dan delta error dibagi menjadi 5 membership function, yaitu lebih, agak lebih, sedang, sesuai dan kurang.



Gambar 12. Membership Function Error



Gambar 13. Membership Function Delta Error

Keluaran fuzzy memiliki lima buah membership function, yaitu kecil, agak kecil, sedang, agak tinggi dan tinggi. Fuzzy yang digunakan pada sistem ini menggunakan metode singleton. Berikut merupakan nilai membership function output.

Kecil = 0

Agak Kecil = 51

Sedang = 153

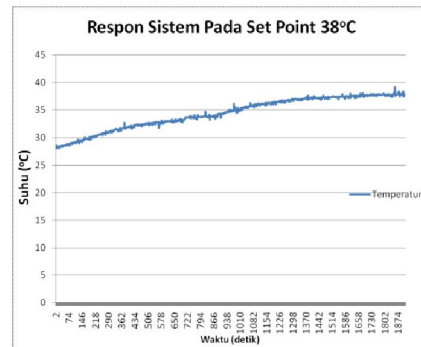
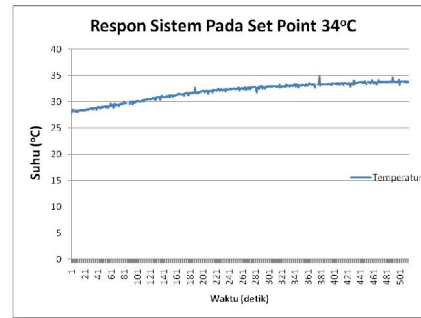
Agak Tinggi = 191

Tinggi = 230

Rule yang digunakan pada fuzzy dapat dilihat pada tabel berikut.

Error \ DeltaError	L	S	Se	AK	K
L	T	AT	AT	S	K
S	T	AT	S	AK	K
Se	T	AT	AT	S	K
AK	AT	S	S	AK	K
K	AT	S	AK	K	K

Setelah dilakukan integrasi sistem secara keseluruhan maka didapat respon sistem sebagai berikut.



## 5. Kesimpulan

Setelah dilakukan proses perencanaan dan pembuatan alat serta dengan membandingkan dengan teori-teori penunjang, dan berdasarkan data yang diperoleh maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sensor suhu dengan menggunakan LM 35 belum cukup stabil untuk digunakan sebagai masukan dari kontrol fuzzy.
2. DAC R/2R ladder dengan nilai resistor yang tetap belum dapat dengan tepat menghasilkan tegangan hasil konversi dari data digital menjadi tegangan analog.
3. Sistem pemanas air pada whirlpool memiliki respon perubahan panas yang sangat lambat, sehingga kontrol fuzzy yang dibuat berbeda dengan fuzzy dengan input error dan delta error pada umumnya.

## Daftar Pustaka

- [1] Fewson, Danis, "Introduction To Power Electronic", Arnold, 1998.
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Digital-to-analog\\_converter](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital-to-analog_converter), pada tanggal 16 Januari 2011, pukul: 20.00 WIB.
- [3] Banks, Walter, Gordon Hayward, "Fuzzy Logic in Embedded Microcomputer and Control System", Byte Craft Limited, 2002.
- [4] IEC 1131 – Programmable Controllers, Part 7 – Fuzzy Logic Controller.